

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



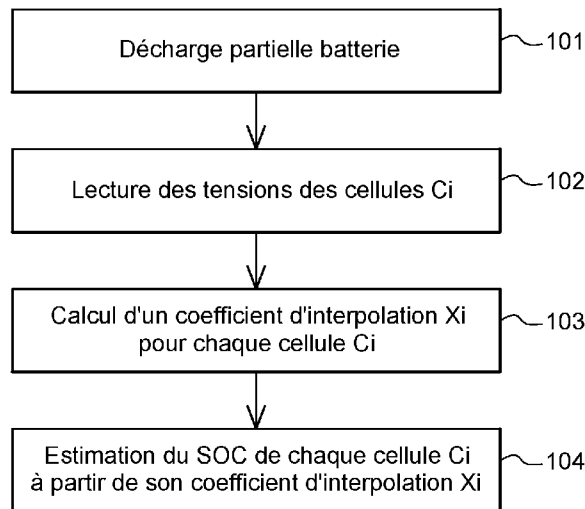
(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2021/009086 A1**

(43) Date de la publication internationale  
21 janvier 2021 (21.01.2021)

- (51) Classification internationale des brevets : [FR/FR] ; 25 Rue Leblanc, Bâtiment Le Ponant D, 75015 PARIS (FR).  
*G01R 31/388* (2019.01) *G01R 31/396* (2019.01)
- (21) Numéro de la demande internationale : (72) Inventeur : **CROUZEVIALLÉ, Bruno** ; c/o CEA GRENOBLE, 17 Avenue des Martyrs, 38054 GRENOBLE CEDEX 9 (FR).  
PCT/EP2020/069677
- (22) Date de dépôt international : (74) Mandataire : **CABINET BEAUMONT** ; 4 Place Robert Schuman, B.P. 1529, 38025 GRENOBLE CEDEX 1 (FR).  
10 juillet 2020 (10.07.2020)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité : (81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
- (71) Déposant : **COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES**

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING THE STATE OF CHARGE OF THE CELLS OF A BATTERY

(54) Titre : PROCÉDÉ DE DÉTERMINATION DE L'ÉTAT DE CHARGE DES CELLULES D'UNE BATTERIE



**Fig. 1**

(57) Abstract: The present description concerns a method for determining, for each cell of a battery of cells connected in series, an indicator  $QC_i$  representative of the charge stored in the cell, this method comprising: a) after a phase (101) of partially discharging or recharging the battery, measuring (102) the voltage  $U_i$  at the terminals of each cell of the battery; b) calculating (103), for each cell, an interpolation coefficient  $X_i$  from a value  $C_{rate}$  representative of the discharge or recharge rate of the battery during the partial discharge or recharge phase (101), and the voltages  $U_i$  measured in step a); and c) determining (104), for each cell, from the interpolation coefficient  $X_i$  calculated for the cell in step b) and a quantity  $Q_{cm}$  representative of the charge stored in the battery, the indicator  $QC_i$  representative of the charge stored in the cell.



WO 2021/009086 A1

OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée:**

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

---

(57) **Abrégé** : La présente description concerne un procédé de détermination, pour chaque cellule d'une batterie de cellules reliées en série, d'un indicateur  $Q_{Ci}$  représentatif de la charge stockée dans la cellule, ce procédé comportant : a) à l'issue d'une phase (101) de décharge ou de recharge partielle de la batterie, mesurer (102) la tension  $U_i$  aux bornes de chaque cellule de la batterie; b) calculer (103), pour chaque cellule, un coefficient d'interpolation  $X_i$  à partir d'une valeur  $C_{rate}$  représentative du régime de décharge ou de recharge de la batterie pendant ladite phase (101) de décharge ou de recharge partielle, et des tensions  $U_i$  mesurées à l'étape a); et c) déterminer (104), pour chaque cellule, à partir du coefficient d'interpolation  $X_i$  calculé pour la cellule à l'étape b) et d'une grandeur  $Q_{cm}$  représentative de la charge stockée dans la batterie, ledit indicateur  $Q_{Ci}$  représentatif de la charge stockée dans la cellule.

## DESCRIPTION

*Procédé de détermination de l'état de charge des cellules d'une batterie*

La présente demande de brevet revendique la priorité de la demande de brevet français FR19/08115 qui sera considérée comme faisant partie intégrante de la présente description.

Domaine technique

[0001] La présente description concerne le domaine des batteries électriques de façon générale, et vise plus particulièrement la détermination de l'état de charge des cellules d'une batterie.

Technique antérieure

[0002] Une batterie électrique est un groupement de plusieurs cellules rechargeables reliées en série et/ou en parallèle entre deux noeuds ou bornes de fourniture de tension.

[0003] Dans certaines applications, on souhaite pouvoir estimer, pour chaque cellule d'une batterie, un indicateur représentatif de l'état de charge de la cellule, généralement appelé SOC, de l'anglais "State of Charge". A un instant donné, le SOC peut être défini comme étant le rapport de la quantité de charges restant dans la cellule, ou capacité résiduelle de la cellule (i.e. le nombre d'ampères-heure encore disponibles dans la cellule), sur la capacité totale de la batterie.

[0004] La connaissance du SOC de chaque cellule peut par exemple permettre d'identifier des cellules défectueuses pour les isoler ou les remplacer. En particulier, en cas de divergence importante d'état de charge entre différentes cellules à un instant donné, l'utilisateur peut être prévenu que certaines cellules sont peut-être défectueuses. La connaissance du SOC de chaque cellule peut par ailleurs être utile pour réaliser un tri des cellules dans des applications de recyclage de batteries électriques usagées.

Résumé de l'invention

[0005] Un mode de réalisation prévoit un procédé de détermination, pour chaque cellule d'une batterie comportant une pluralité de cellules ( $C_i$ ) reliées en série, d'un indicateur  $Q_{C_i}$  représentatif de la charge stockée dans la cellule ( $C_i$ ), ce procédé comportant les étapes suivantes :

- a) à l'issue d'une phase (101) de décharge ou de recharge partielle de la batterie, mesurer (102) la tension  $U_i$  aux bornes de chaque cellule ( $C_i$ ) de la batterie ;
- b) calculer (103), pour chaque cellule ( $C_i$ ), un coefficient d'interpolation  $X_i$  à partir d'une valeur  $C\_rate$  représentative du régime de décharge ou de recharge de la batterie pendant ladite phase (101) de décharge ou de recharge partielle, et des tensions  $U_i$  mesurées à l'étape a) ; et
- c) déterminer (104), pour chaque cellule ( $C_i$ ), à partir du coefficient d'interpolation  $X_i$  calculé pour la cellule à l'étape b) et d'une grandeur  $Q_{cm}$  représentative de la charge stockée dans la batterie, ledit indicateur  $Q_{C_i}$  représentatif de la charge stockée dans la cellule ( $C_i$ ).

[0006] Selon un mode de réalisation de la présente invention, pour chaque cellule ( $C_i$ ), le coefficient d'interpolation  $X_i$  calculé à l'étape b) est fonction de la tension  $U_i$  de la cellule mesurée à l'étape a), de la valeur  $C\_rate$ , d'une valeur  $U_{min}$  définie comme étant la tension la plus faible des tensions  $U_i$  mesurées à l'étape a), d'une valeur  $U_{max}$  définie comme étant la tension la plus élevée des tensions  $U_i$  mesurées à l'étape b), et d'une valeur  $U_{moy}$  définie comme étant la moyenne des tensions  $U_i$  mesurées à l'étape b).

[0007] Selon un mode de réalisation de la présente invention, pour chaque cellule ( $C_i$ ), le coefficient d'interpolation  $X_i$  calculé à l'étape b) est défini comme suit :

[Math. 1]

$$X_i = (K + B * D * C + B * D * E - B * A) / K$$

où A, B, C, D, E et K sont des paramètres définis comme suit :

[Math. 2]

$$K = (U_{moy}^2 * (1 + S * C_{rate})) / (2 * C_{rate})$$

[Math. 3]

$$A = U_{max} - U_i$$

[Math. 4]

$$B = U_i - U_{min}$$

[Math. 5]

$$C = U_i / U_{min}$$

[Math. 6]

$$D = U_i / U_{max}$$

[Math. 7]

$$E = (U_{max} - U_{min}) / U_i$$

où S désigne le signe du courant de décharge ou de recharge appliqué à la batterie à l'étape a).

[0008] Selon un mode de réalisation de la présente invention, pour chaque cellule (Ci), à l'étape c), l'indicateur QCi est calculé selon la formule suivante :

[Math. 8]

$$QCi = Xi * Qcm$$

[0009] Selon un mode de réalisation de la présente invention, le procédé comporte en outre, après l'étape c), la fourniture, pour chaque cellule (Ci) de la batterie, d'un indicateur SOCCI représentatif de l'état de charge de la cellule (Ci), calculé à partir de l'indicateur QCi calculé pour la cellule à l'étape

c) et d'une grandeur  $Q_{tot}$  représentative de la capacité de la batterie.

[0010] Selon un mode de réalisation de la présente invention, pour chaque cellule, l'indicateur  $SOCC_i$  est défini comme suit :

[Math. 9]

$$SOCC_i = Q_{Ci} / Q_{tot}$$

[0011] Selon un mode de réalisation de la présente invention, le procédé comprend en outre, avant l'étape a), une phase de détermination de la grandeur  $Q_{tot}$  comprenant une étape de recharge résiduelle de la batterie jusqu'à son niveau de pleine charge suivie d'une étape de décharge complète de la batterie, ou une étape de décharge résiduelle de la batterie jusqu'à son niveau de pleine décharge suivie d'une étape de recharge complète de la batterie.

[0012] Un autre mode de réalisation prévoit un procédé de revalorisation de cellules de batteries usagées comportant une étape de diagnostic des cellules mettant en oeuvre un procédé tel que défini ci-dessus, suivie d'une étape de sélection de cellules ( $C_i$ ) dont l'indicateur  $Q_{Ci}$  satisfait une condition prédéfinie.

[0013] Selon un mode de réalisation de la présente invention, le procédé comporte en outre une étape d'assemblage des cellules ( $C_i$ ) sélectionnées en une nouvelle batterie.

[0014] Un autre mode de réalisation prévoit un procédé de caractérisation d'une batterie électrique sur un banc de cyclage, comportant la mise en oeuvre d'un procédé tel que défini ci-dessus.

#### Brève description des dessins

[0015] Ces caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres, seront exposés en détail dans la description suivante de modes

de réalisation particuliers faite à titre non limitatif en relation avec la figure jointe :

[0016] la figure 1 est un logigramme illustrant, sous forme de blocs, un exemple d'un procédé de détermination de l'état de charge des cellules d'une batterie selon un mode de réalisation.

#### Description des modes de réalisation

[0017] De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références dans les différentes figures. En particulier, les éléments structurels et/ou fonctionnels communs aux différents modes de réalisation peuvent présenter les mêmes références et peuvent disposer de propriétés structurelles, dimensionnelles et matérielles identiques.

[0018] Par souci de clarté, seuls les étapes et éléments utiles à la compréhension des modes de réalisation décrits ont été représentés et sont détaillés. En particulier, les diverses utilisations qui peuvent être faites du SOC des cellules d'une batterie n'ont pas été détaillées. De plus, les circuits électroniques de mesure et de traitement utilisés pour mettre en oeuvre le procédé proposé de détermination du SOC des cellules d'une batterie n'ont pas été détaillés, la réalisation de tels circuits étant à la portée de l'homme du métier à partir des indications de la présente description.

[0019] Sauf précision contraire, lorsque l'on fait référence à deux éléments connectés entre eux, cela signifie directement connectés sans éléments intermédiaires autres que des conducteurs, et lorsque l'on fait référence à deux éléments reliés ou couplés entre eux, cela signifie que ces deux éléments peuvent être connectés ou être reliés ou couplés par l'intermédiaire d'un ou plusieurs autres éléments.

[0020] Sauf précision contraire, les expressions "environ", "approximativement", "sensiblement", et "de l'ordre de" signifient à 10 % près, de préférence à 5 % près.

[0021] On s'intéresse ici plus particulièrement à la détermination du SOC des cellules d'une batterie comportant plusieurs cellules reliées en série entre une borne positive et une borne négative de la batterie. Les cellules de la batterie sont de préférence identiques aux dispersions de fabrication et de vieillissement près. Chaque cellule peut comporter une unique cellule élémentaire de type pile, accumulateur, etc., ou plusieurs cellules élémentaires reliées en série et/ou en parallèle entre une borne positive et une borne négative de la cellule. Les cellules élémentaires sont par exemple des cellules au lithium, par exemple des cellules de type lithium-ion, lithium-métal-polymère, etc. Plus généralement, les modes de réalisation décrits s'appliquent à toutes ou à la plupart des technologies de cellules élémentaires de batterie connues.

[0022] La figure 1 est un logigramme illustrant, sous forme de blocs, un exemple d'un procédé de détermination de l'état de charge des cellules d'une batterie selon un mode de réalisation.

[0023] On considère dans cet exemple une batterie (non représentée) comportant  $n$  cellules  $C_1, \dots, C_n$  reliées en série entre une borne positive et une borne négative de la batterie, avec  $n$  entier supérieur ou égal à 2, par exemple supérieur ou égal à 3.

[0024] Un outil de détermination de SOC (non représenté) est connecté à la batterie, cet outil comportant  $n$  capteurs de tension connectés respectivement aux bornes des  $n$  cellules  $C_i$  de la batterie, avec  $i$  entier allant de 1 à  $n$ . Chaque capteur de tension est adapté à mesurer la tension  $U_i$  aux bornes de la cellule  $C_i$  à laquelle il est associé. L'outil de

détermination de SOC peut en outre comporter un compteur coulométrique ou un intégrateur de courant connecté à au moins une borne de la batterie, ou tout autre élément permettant de mesurer ou d'estimer la charge extraite de la batterie lors d'une phase de décharge de la batterie ou injectée dans la batterie lors d'une phase de recharge de la batterie. L'outil de détermination de SOC comporte en outre des moyens de mémorisation (mémoire, registre, etc.) d'au moins un jeu de  $n$  valeurs de tension  $U_i$  mesurées respectivement aux bornes des  $n$  cellules  $C_i$  de la batterie à un instant donné. L'outil de détermination de SOC peut en outre comporter une unité de traitement pouvant comporter un microprocesseur. En pratique, l'outil de détermination de SOC peut faire partie d'un dispositif électronique de gestion de la batterie intégré à la batterie, généralement désigné par le terme BMS, de l'anglais "Battery Management System", destiné à mettre en oeuvre des fonctions diverses telles que des fonctions d'équilibrage des cellules, des fonctions de protection, etc. En effet, les composants susmentionnés de l'outil de détermination de SOC sont des composants que l'on retrouve classiquement dans un dispositif de gestion de batterie de type BMS. A titre de variante, l'outil de détermination de SOC peut être un dispositif externe à la batterie, destiné à être connecté à la batterie lors d'une phase de détermination du SOC des cellules de la batterie. Dans une autre variante, l'outil de détermination de SOC peut être partiellement intégré à la batterie et partiellement externe à la batterie. Par exemple, les capteurs de tension de l'outil de détermination de SOC peuvent être internes à la batterie, et le dispositif de traitement mettant en oeuvre la méthode décrite à partir des valeurs de tension fournies par les capteurs peut être externe à la batterie. L'outil de détermination de SOC est configuré pour mettre en oeuvre le

procédé de la figure 1 de détermination de l'état de charge des cellules de la batterie.

[0025] Le procédé de la figure 1 comprend une étape 101 au cours de laquelle la batterie est soumise à une décharge partielle, par exemple à courant constant et à température ambiante constante.

[0026] A la fin de la phase de décharge partielle, lors d'une étape 102, l'outil de détermination de SOC lit et mémorise les tensions  $U_i$  aux bornes des différentes cellules de la batterie. Les  $n$  tensions  $U_i$  sont par exemple lues en parallèle (c'est-à-dire simultanément) et mémorisées dans un registre ou une mémoire de l'outil de détermination de SOC. Lors de l'étape 102, l'outil de détermination de SOC détermine et mémorise en outre une grandeur  $Q_{cm}$  représentative de la quantité de charge restant dans la batterie à la fin de la phase de décharge partielle de l'étape 101. A titre d'exemple, l'outil de détermination de SOC est configuré pour mesurer toutes les variations de charge de la batterie lors des phases de décharge ou de recharge de la batterie, ce qui lui permet de connaître la valeur  $Q_{cm}$ .

[0027] Lors d'une étape 103, pour chacune des cellules  $C_i$  de la batterie, l'outil de détermination de SOC calcule un coefficient d'interpolation  $X_i$  spécifique à la cellule, fonction de la tension  $U_i$  de la cellule mémorisée à l'étape 102, du régime de décharge  $C_{rate}$  de la batterie pendant la phase de décharge partielle de l'étape 101 (courant de décharge appliqué à la batterie pendant l'étape 101), ainsi que des tensions aux bornes d'une ou plusieurs autres cellules de la batterie mémorisées à l'étape 102.

[0028] Dans cet exemple, le coefficient d'interpolation  $X_i$  est fonction de la tension  $U_i$  de la cellule mémorisée à l'étape 102, du régime de décharge  $C_{rate}$  des cellules de la batterie pendant la phase de décharge partielle de l'étape

101, d'une valeur  $U_{min}$  définie comme étant la tension la plus faible du jeu de tensions  $U_i$  mémorisé à l'étape 102, d'une valeur  $U_{max}$  définie comme étant la tension la plus élevée du jeu de tensions  $U_i$  mémorisé à l'étape 102, et d'une valeur  $U_{moy}$  définie comme étant la moyenne des tensions  $U_i$  mémorisées à l'étape 102.

[0029] Par régime de décharge  $C_{rate}$ , on entend ici le rapport entre le courant de décharge  $I_{dch}$  de la batterie, en ampères, pendant la phase de décharge partielle de l'étape 101 (ou la valeur moyenne du courant de décharge dans le cas où le courant de décharge n'est pas constant pendant la phase de décharge 101) et la capacité initiale  $Q_{init}$  d'une cellule élémentaire de la batterie, c'est-à-dire sa capacité à l'état neuf, en ampère-heure (par exemple la capacité nominale de la cellule telle que fournie par le fabricant).

[0030] A titre d'exemple, la durée de la phase de décharge partielle peut être comprise entre quelques secondes et quelques minutes, par exemple entre 1 seconde et 10 minutes. Lorsque la durée de la phase de décharge partielle est importante, par exemple supérieure à 10 secondes, et que le courant de décharge  $I_{dch}$  de la batterie pendant la phase de décharge partielle présente des variations importantes, par exemple supérieures à 20 pourcents, on se basera de préférence, pour le calcul du régime de décharge  $C_{rate}$ , sur la valeur du courant de décharge  $I_{dch}$  mesurée à la fin de la phase de décharge partielle, et non pas sur une valeur moyenne du courant de décharge  $I_{dch}$  pendant la phase de décharge partielle.

[0031] Dans cet exemple, le coefficient d'interpolation  $X_i$  est défini comme suit :

[Math. 10]

$$X_i = (K + B * D * C + B * D * E - B * A) / K$$

où A, B, C, D, E et K sont des paramètres définis comme suit :

[Math. 11]

$$K = (Umoy^2 * (1 + C\_rate)) / (2 * C\_rate)$$

[Math. 12]

$$A = Umax - Ui$$

[Math. 13]

$$B = Ui - Umin$$

[Math. 14]

$$C = Ui / Umin$$

[Math. 15]

$$D = Ui / Umax$$

[Math. 16]

$$E = (Umax - Umin) / Ui$$

[0032] Lors d'une étape 104, pour chaque cellule Ci de la batterie, une fois le coefficient d'interpolation Xi de la cellule déterminé, l'outil de détermination de SOC calcule une valeur QCi représentative de la quantité de charge restant dans la cellule à partir du coefficient d'interpolation Xi de la cellule, selon la formule suivante :

[Math. 17]

$$QCi = Xi * Qcm$$

[0033] Connaissant la quantité de charge QCi disponible dans la cellule, son SOC peut être calculé par l'outil de détermination de SOC, par exemple selon la formule suivante :

[Math. 18]

$$SOCCi = QCi / Qtot$$

où Qtot désigne la capacité de la batterie.

[0034] La capacité  $Q_{tot}$  peut être déterminée lors d'une phase préalable, non représentée sur la figure 1. A titre d'exemple, la détermination de la capacité  $Q_{tot}$  peut comprendre une phase de recharge résiduelle de la batterie jusqu'à son niveau de pleine charge, suivie d'une phase de décharge complète de la batterie. L'outil de détermination de SOC mesure alors la valeur de la charge  $Q$  extraite de la batterie entre le début et la fin de la phase de décharge complète, qui définit la capacité  $Q_{tot}$  de la batterie. A titre de variante, la détermination de la capacité  $Q_{tot}$  peut comprendre une phase de décharge résiduelle de la batterie jusqu'à son niveau de décharge complète, suivie d'une phase de recharge complète de la batterie jusqu'à son niveau de pleine charge. L'outil de détermination de SOC mesure alors la valeur de la charge  $Q$  injectée dans la batterie entre le début et la fin de la phase de recharge complète, qui définit la capacité  $Q_{tot}$  de la batterie. La capacité  $Q_{tot}$  n'a pas besoin d'être actualisée à chaque itération du procédé de la figure 1. Toutefois, la capacité  $Q_{tot}$  est de préférence régulièrement mesurée de façon à tenir compte du vieillissement de la batterie. A titre de variante, la capacité  $Q_{tot}$  considérée dans le procédé de la figure 1 est une valeur fixe constante, correspondant par exemple à la valeur de capacité fournie par le constructeur de la batterie.

[0035] Un avantage du procédé décrit en relation avec la figure 1 est qu'il permet d'estimer individuellement l'état de charge des différentes cellules d'une batterie à partir d'une simple mesure des tensions aux bornes des différentes cellules à l'issue d'une phase de décharge partielle de la batterie, sans avoir à acquérir et enregistrer les courbes de décharge des différentes cellules de la batterie pendant la phase de décharge et sans avoir à faire appel à des bibliothèques de courbes de caractérisation.

[0036] A titre d'exemple, le SOC de chacune des cellules  $C_i$  peut être estimé périodiquement, par le procédé de la figure 1, tout au long d'une phase de décharge complète de la batterie, par exemple à courant constant et à température ambiante constante. Ceci permet d'obtenir, pour chaque cellule  $C_i$ , une courbe représentative de l'évolution du SOC de la cellule tout au long de la phase de décharge. Une telle courbe peut par exemple être utilisée pour identifier d'éventuels écarts de comportement entre les différentes cellules, et ainsi identifier d'éventuelles cellules défaillantes.

[0037] Ce procédé peut par exemple être mis en oeuvre par un dispositif de gestion intégré à la batterie, pendant le cycle de vie normal de la batterie, pour surveiller l'état des différentes cellules de la batterie, par exemple en vue de planifier d'éventuelles opérations de maintenance de la batterie, pour optimiser l'utilisation de la batterie, ou pour prévenir un éventuel dysfonctionnement.

[0038] Une autre application de la méthode proposée concerne le diagnostic des cellules d'une batterie usagée en vue de leur revalorisation. A titre d'exemple, une fois les indicateurs d'état de charge des différentes cellules déterminés par la méthode proposée, on peut prévoir de prélever les cellules dont le SOC satisfait une condition prédéfinie, par exemple les cellules dont le SOC est supérieur à un seuil, par exemple en vue de les réassembler dans une nouvelle batterie. Les autres cellules sont par exemple recyclées par récupération des métaux les constituant. On notera que, si les batteries usagées à revaloriser ne présentent pas une architecture série, ces dernières peuvent être démontées et leurs cellules réassemblées en série pour mettre en oeuvre la méthode de sélection décrite ci-dessus.

[0039] Une autre application de la méthode proposée concerne la caractérisation de batteries sur des bancs de cyclage lors de leur conception. La méthode proposée peut être appliquée sur un banc de cyclage pour suivre l'évolution et la dispersion du SoC des cellules lors des essais de caractérisation.

[0040] Bien que l'on ait décrit ci-dessus, en relation avec la figure 1, une méthode de détermination du SOC des cellules mise en oeuvre à partir d'une phase de décharge partielle de la batterie, une méthode similaire peut être mise en oeuvre à partir d'une recharge partielle de la batterie. Dans ce cas, le procédé est identique à ce qui a été décrit ci-dessus, à la différence près que la définition du coefficient K (équation Math 11 ci-dessus) est modifiée comme suit :

[Math. 19]

$$K = (U_{moy}^2 * (1 - C_{rate})) / (2 * C_{rate})$$

[0041] Autrement dit, la définition du coefficient K peut être généralisée comme suit :

[Math. 20]

$$K = (U_{moy}^2 * (1 + S * C_{rate})) / (2 * C_{rate})$$

où S désigne le signe du courant circulant dans la batterie au moment de la mesure des tensions  $U_i$  des cellules de la batterie (i.e. à la fin de l'étape 101).

[0042] Des modes de réalisation particuliers ont été décrits. Diverses variantes et modifications apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, les modes de réalisation décrits ne se limitent pas à l'exemple particulier de définition de l'estimateur d'état de charge de l'équation Math 18. A titre de variante, pour chaque cellule  $C_i$ , l'estimateur calculé à l'étape 104 peut être tout estimateur représentatif, directement ou indirectement, de l'état de charge de la

cellule, par exemple un estimateur d'état de décharge (SOD, de l'anglais "State of Discharge") ou de profondeur de décharge (DOD, de l'anglais "Depth of Discharge"), ou encore un estimateur d'état d'énergie (SOE, de l'anglais "State of Energy").

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de détermination, pour chaque cellule d'une batterie comportant une pluralité de cellules ( $C_i$ ) reliées en série, d'un indicateur  $Q_{Ci}$  représentatif de la charge stockée dans la cellule ( $C_i$ ), ce procédé comportant les étapes suivantes :
  - a) à l'issue d'une phase (101) de décharge ou de recharge partielle de la batterie, mesurer (102) la tension  $U_i$  aux bornes de chaque cellule ( $C_i$ ) de la batterie ;
  - b) calculer (103), pour chaque cellule ( $C_i$ ), un coefficient d'interpolation  $X_i$  à partir d'une valeur  $C\_rate$  représentative du régime de décharge ou de recharge de la batterie pendant ladite phase (101) de décharge ou de recharge partielle, et des tensions  $U_i$  mesurées à l'étape a) ; et
  - c) déterminer (104), pour chaque cellule ( $C_i$ ), à partir du coefficient d'interpolation  $X_i$  calculé pour la cellule à l'étape b) et d'une grandeur  $Q_{cm}$  représentative de la charge stockée dans la batterie, ledit indicateur  $Q_{Ci}$  représentatif de la charge stockée dans la cellule ( $C_i$ ).
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel, pour chaque cellule ( $C_i$ ), le coefficient d'interpolation  $X_i$  calculé à l'étape b) est fonction de la tension  $U_i$  de la cellule mesurée à l'étape a), de la valeur  $C\_rate$ , d'une valeur  $U_{min}$  définie comme étant la tension la plus faible des tensions  $U_i$  mesurées à l'étape a), d'une valeur  $U_{max}$  définie comme étant la tension la plus élevée des tensions  $U_i$  mesurées à l'étape b), et d'une valeur  $U_{moy}$  définie comme étant la moyenne des tensions  $U_i$  mesurées à l'étape b).
3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel, pour chaque cellule ( $C_i$ ), le coefficient d'interpolation  $X_i$  calculé à l'étape b) est défini comme suit :

$$X_i = (K + B * D * C + B * D * E - B * A) / K$$

où A, B, C, D, E et K sont des paramètres définis comme suit :

$$K = (U_{moy}^2 * (1 + S * C_{rate})) / (2 * C_{rate})$$

$$A = U_{max} - U_i$$

$$B = U_i - U_{min}$$

$$C = U_i / U_{min}$$

$$D = U_i / U_{max}$$

$$E = (U_{max} - U_{min}) / U_i$$

où S désigne le signe du courant de décharge ou de recharge appliqué à la batterie à l'étape a).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel, pour chaque cellule (Ci), à l'étape c), l'indicateur QCi est calculé selon la formule suivante :

$$QCi = Xi * Qcm$$

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, comportant en outre, après l'étape c), la fourniture, pour chaque cellule (Ci) de la batterie, d'un indicateur SOCCi représentatif de l'état de charge de la cellule (Ci), calculé à partir de l'indicateur QCi calculé pour la cellule à l'étape c) et d'une grandeur Qtot représentative de la capacité de la batterie.

6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel, pour chaque cellule, l'indicateur SOCCi est défini comme suit :

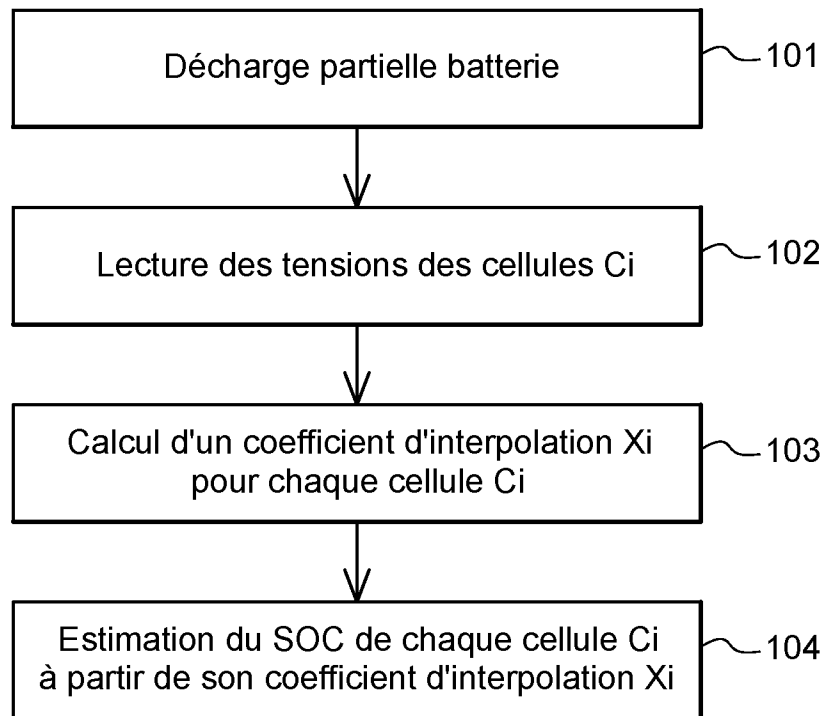
$$SOCCi = QCi / Qtot$$

7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, comportant en outre, avant l'étape a), une phase de détermination de la grandeur Qtot comprenant une étape de recharge résiduelle de la batterie jusqu'à son niveau de pleine charge suivie d'une

étape de décharge complète de la batterie, ou une étape de décharge résiduelle de la batterie jusqu'à son niveau de pleine décharge suivie d'une étape de recharge complète de la batterie.

8. Procédé de revalorisation de cellules de batteries usagées comportant une étape de diagnostic des cellules mettant en oeuvre un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, suivie d'une étape de sélection de cellules (Ci) dont l'indicateur  $QC_i$  satisfait une condition prédéfinie.
9. Procédé selon la revendication 8, comportant en outre une étape d'assemblage des cellules (Ci) sélectionnées en une nouvelle batterie.
10. Procédé de caractérisation d'une batterie électrique sur un banc de cyclage, comportant la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.

1/1

**Fig. 1**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/069677

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>G01R 31/388</i> (2019.01)i; <i>G01R 31/396</i> (2019.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01R		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, INSPEC, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 3054669 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 02 February 2018 (2018-02-02) page 5, line 32 - page 10, line 26	1-10
A	US 2012293131 A1 (NAKAMURA MASASHI [JP] ET AL) 22 November 2012 (2012-11-22) paragraph [0050] - paragraph [0080]	1-10
A	DE 102013217752 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 05 March 2015 (2015-03-05) paragraph [0055] - paragraph [0070]	1-10
A	US 2014184169 A1 (TSURU KENICHIRO [JP] ET AL) 03 July 2014 (2014-07-03) paragraph [0023] - paragraph [0050]	1-10
A	US 2014184236 A1 (OHKAWA KEIICHIRO [JP] ET AL) 03 July 2014 (2014-07-03) paragraph [0041] - paragraph [0065]	1-10
A	FR 3018360 A1 (RENAULT SA [FR]) 11 September 2015 (2015-09-11) page 11, line 2 - page 17, line 19	1-10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>07 October 2020</b>		Date of mailing of the international search report <b>15 October 2020</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Meggyesi, Zoltán</b> Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2020/069677**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
FR	3054669	A1	02 February 2018	EP	3276364	A1	31 January 2018
				FR	3054669	A1	02 February 2018
US	2012293131	A1	22 November 2012	CN	102695961	A	26 September 2012
				CN	105277899	A	27 January 2016
				EP	2527855	A1	28 November 2012
				JP	6252875	B2	27 December 2017
				JP	2016186487	A	27 October 2016
				JP	WO2011090020	A1	23 May 2013
				KR	20120123346	A	08 November 2012
				US	2012293131	A1	22 November 2012
				WO	2011090020	A1	28 July 2011
DE	102013217752	A1	05 March 2015	NONE			
US	2014184169	A1	03 July 2014	CN	103534897	A	22 January 2014
				EP	2712046	A1	26 March 2014
				JP	5670556	B2	18 February 2015
				JP	WO2012157065	A1	31 July 2014
				US	2014184169	A1	03 July 2014
				WO	2012157065	A1	22 November 2012
US	2014184236	A1	03 July 2014	EP	2720054	A1	16 April 2014
				US	2014184236	A1	03 July 2014
				WO	2012169061	A1	13 December 2012
FR	3018360	A1	11 September 2015	CN	106133540	A	16 November 2016
				EP	3114493	A1	11 January 2017
				FR	3018360	A1	11 September 2015
				JP	6543263	B2	10 July 2019
				JP	2017510800	A	13 April 2017
				KR	20160130389	A	11 November 2016
				US	2017016961	A1	19 January 2017
				WO	2015132544	A1	11 September 2015

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2020/069677

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01R31/388 G01R31/396 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G01R		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, INSPEC, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 3 054 669 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 2 février 2018 (2018-02-02) page 5, ligne 32 - page 10, ligne 26 -----	1-10
A	US 2012/293131 A1 (NAKAMURA MASASHI [JP] ET AL) 22 novembre 2012 (2012-11-22) alinéa [0050] - alinéa [0080] -----	1-10
A	DE 10 2013 217752 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 5 mars 2015 (2015-03-05) alinéa [0055] - alinéa [0070] -----	1-10
A	US 2014/184169 A1 (TSURU KENICHIRO [JP] ET AL) 3 juillet 2014 (2014-07-03) alinéa [0023] - alinéa [0050] -----	1-10
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée  7 octobre 2020		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale  15/10/2020
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé  Meggyesi, Zoltán

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2014/184236 A1 (OHKAWA KEIICHIRO [JP] ET AL) 3 juillet 2014 (2014-07-03) alinéa [0041] - alinéa [0065] -----	1-10
A	FR 3 018 360 A1 (RENAULT SA [FR]) 11 septembre 2015 (2015-09-11) page 11, ligne 2 - page 17, ligne 19 -----	1-10

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2020/069677

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 3054669	A1	02-02-2018	EP 3276364 A1	31-01-2018
			FR 3054669 A1	02-02-2018
-----				
US 2012293131	A1	22-11-2012	CN 102695961 A	26-09-2012
			CN 105277899 A	27-01-2016
			EP 2527855 A1	28-11-2012
			JP 6252875 B2	27-12-2017
			JP 2016186487 A	27-10-2016
			JP WO2011090020 A1	23-05-2013
			KR 20120123346 A	08-11-2012
			US 2012293131 A1	22-11-2012
WO 2011090020 A1	28-07-2011			
-----				
DE 102013217752	A1	05-03-2015	AUCUN	
-----				
US 2014184169	A1	03-07-2014	CN 103534897 A	22-01-2014
			EP 2712046 A1	26-03-2014
			JP 5670556 B2	18-02-2015
			JP WO2012157065 A1	31-07-2014
			US 2014184169 A1	03-07-2014
			WO 2012157065 A1	22-11-2012
-----				
US 2014184236	A1	03-07-2014	EP 2720054 A1	16-04-2014
			US 2014184236 A1	03-07-2014
			WO 2012169061 A1	13-12-2012
-----				
FR 3018360	A1	11-09-2015	CN 106133540 A	16-11-2016
			EP 3114493 A1	11-01-2017
			FR 3018360 A1	11-09-2015
			JP 6543263 B2	10-07-2019
			JP 2017510800 A	13-04-2017
			KR 20160130389 A	11-11-2016
			US 2017016961 A1	19-01-2017
WO 2015132544 A1	11-09-2015			
-----				